

TUGAS AKHIR - TM 141585

**PENGARUH TEMPERATUR AUSTENISASI DAN
PROSES PENDINGINAN TERHADAP
STRUKTURMIKRO DAN SIFAT MEKANIK BAJA
PADUAN 05CCrMnSi**

KHARISMA YUKO RASYIDY
NRP 2111 100 179

Dosen Pembimbing
Suwarno ST., MSc., PhD.

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



TUGAS AKHIR - TM 141585

**PENGARUH TEMPERATUR AUSTENISASI DAN
PROSES PENDINGINAN TERHADAP
STRUKTURMIKRO DAN SIFAT MEKANIK BAJA
PADUAN 05CCrMnSi**

**KHARISMA YUKO RASYIDY
NRP 2111 100 179**

**Dosen Pembimbing
Suwarno ST., MSc., PhD.**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - TM 141585

EFFECT OF AUSTENITIZING TEMPERATURE AND COOLING PROCESS ON MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF 05CCrMnSi ALLOY STEEL

KHARISMA YUKO RASYIDY
NRP 2111 100 179

Advisor
Suwarno ST., MSc., PhD.

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

**PENGARUH TEMPERATUR AUSTENISASI DAN
PROSES PENDINGINAN TERHADAP
STRUKTURMIKRO DAN SIFAT MEKANIK DARI
BAJA PADUAN 05CCrMnSi**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

KHARISMA YUKO RASYIDY

NRP. 2111 100 179

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Suwarno ST., MSc., PhD.
NIP. 198005202005011003 (Pembimbing)
2. Dr. Eng. Sutikno ST., MT.
NIP. 197407032000031001 (Penguji I)
3. Indra Sidharta ST., MSc.
NIP. 198006192006041004 (Penguji II)
4. Dr. Ir. H. C. Kis. Agustin, DEA.
NIP. 196308151989032001 (Penguji III)

SURABAYA

JULI, 2017

**PENGARUH TEMPERATUR AUSTENISASI DAN
PROSES PENDINGINAN TERHADAP
STRUKTURMIKRO DAN SIFAT MEKANIK
BAJA PADUAN 05CCrMnSi**

Nama Mahasiswa : Kharisma Yuko Rasyidy
NRP : 2111100179
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Suwarno ST., MSC., PhD.

Abstrak

Perkembangan teknologi yang semakin maju sekarang ini menyebabkan perlu adanya inovasi dalam hal rekayasa material. Dalam merekayasa material tidak hanya sifat mekanik saja yang dibutuhkan untuk mengalami perbaikan, proses pembuatan yang lebih ekonomis juga dibutuhkan. Salah satu material tersebut adalah Si *steel*. Untuk memperoleh sifat mekanik yang diinginkan, maka diperlukan strukturmikro yang sesuai. Hal tersebut dapat diperoleh melalui proses perlakuan panas dengan cara memanaskan baja mencapai temperatur austenit stabil dan ditahan beberapa menit kemudian didinginkan dengan proses pendinginan tertentu. Maka dari itu perlu dilakukan percobaan tentang pengaruh temperatur austenisasi dan proses pendinginannya, terutama untuk baja dengan komposisi kimia yang baru, untuk mengetahui strukturmikro dan sifat mekanik yang didapatkan setelah proses perlakuan panas.

Penelitian ini menggunakan baja paduan 0.5%C 1.1%Cr 1.8%Mn 1.9%Si (05CCrMnSi) yang merupakan baja hasil cor. Untuk mengurangi cacat porositas dari hasil pengecoran maka dilakukan proses *forging* terhadap material tersebut. Material ditempa dengan rasio luas penampang sebelum dan sesudah penempaan sebesar 3:1. Perlakuan panas dalam penelitian ini meliputi pemanasan spesimen sampai temperatur austenit stabil (variabel: 800°C, 850°C, dan 900°C) dan ditahan selama 1 jam, selanjutnya didinginkan dengan 3 cara yaitu, pendinginan di dapur,

udara, dan air. Setelah proses perlakuan panas, dilakukan pengujian terhadap spesimen meliputi pengamatan strukturmikro, pengujian kekerasan dengan metode Rockwell C, dan ketangguhan impak standar JIS Z 2242.

Hasil foto permukaan spesimen *as cast* dan *as forged* menunjukkan bahwa intensitas porositas dan ukuran porositas berkurang setelah dilakukan proses penempaan. Hasil pengamatan strukturmikro menunjukkan bahwa dengan pendinginan di udara ditemukan strukturmikro martensit. Didapatkan strukturmikro perlit dan ferit pada proses pendinginan di dapur sedangkan pada proses pendinginan di air didapatkan strukturmikro martensit dan austenit sisa. Pada pendinginan di air, jumlah austenit sisa mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya temperatur austenisasi. Nilai kekerasan tertinggi didapatkan dari proses pendinginan di air, baik pada temperatur austenisasi 800°C, 850°C, maupun 900°C. Sementara itu nilai kekerasan terendah didapatkan oleh proses pendinginan di dapur. Pada ketiga proses pendinginan, tingginya temperatur austenisasi menunjukkan perubahan yang tidak signifikan terhadap nilai kekerasan spesimen. Dalam pengujian ketahanan impak, nilai *impact strength* dimiliki oleh spesimen dengan proses pendinginan di air kemudian diikuti oleh spesimen dengan proses pendinginan dapur dan udara.

Kata kunci : Baja paduan, perlakuan panas, temperatur austenisasi

EFFECT OF AUSTENITIZING TEMPERATURE AND COOLING PROCESS ON MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF 05CCrMnSi ALLOY STEEL

Student Name : Kharisma Yuko Rasyidy
NRP : 2111100179
Major : Mechanical Engineering FTI-ITS
Advisor : Suwarno ST., MSc., PhD.

Abstract

The advancement of technology has demanded for materials engineering innovation. It is not only requiring mechanical properties improvement but also minimizing manufacturing cost. One of the materials is Si Steel. An appropriate microstructure is a compulsory element to obtain the desired mechanical properties. It can be achieved by applying heat treatment to the steel to its austenite temperature, holding it for minutes, and then reduce the temperature with a specific cooling process. Therefore, investigating the effect of austenitizing temperature and cooling process is favorable, especially for steel with new chemical composition, and understanding the microstructure and mechanical properties after heat treatment.

This experiment utilized 0.5 %C 1.1 %Cr 1.8%Mn 1.9 %Si alloy steel (05CCrMnSi) made by casting. The alloy steel undergone forging process to minimize the effect of porosity. Steel was forged with a ratio of 3:1 of the cross-sectional area before and after forging. The heat treatment in this research involved heating the specimen to its stable austenite temperature (800 C, 850 C, and 900 C) and maintained it for an hour. Then, cooling it in three different procedure, water-cooled, air-cooled, and furnace-cooled. After heat treatment, the microstructure test was performed, and then it was undertaken Rockwell C Hardness compacity test and JIS Z 2242 Charpy pendulum impact test.

The result of surface images of as cast and as forged specimens depicted that the size and intensity of porosity was reduced after forging process. Microstructure observation revealed that martensite was found in the air-cooled specimen. Pearlite and ferrite were discovered in furnace-cooled specimen whereas martensite and retained austenite were obtained in the water-cooled specimen. In the water-cooling process, the amount of retained austenite decreased as austenitization temperature increased. The highest hardness was acquired by specimens with water-cooled process. Meanwhile, the lowest hardness was obtained by specimens with furnace-cooled process. all cooling process displayed austenitization temperature had low impact on the hardness of specimens. The lowest impact strength achieved by specimens with water-cooling process, followed by furnace cooling process and then air cooling process.

Keywords : Alloy steel, heat treatment, austenitization temperature

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil'alamin. Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, rizki, dan izin-Nya sehingga penyusunan laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penyusunan laporan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademis untuk kelulusan mahasiswa Program Studi S1 Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis menyadari dalam penyusunan laporan tugas akhir ini bukan semata-mata atas kemampuan penulis sendiri, melainkan dengan adanya dukungan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak, baik secara langsung, maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Kokok IP dan Ibu Evi Rianawati, orangtua penulis dan keluarga besar yang selalu memberikan semangat dan do'a yang tak henti-henti hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
2. Bapak Suwarno ST., MSc., PhD., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. Sutikno ST., MT., selaku dosen koordinator Laboratorium Metalurgi.
4. Bapak Dr. Eng. Sutikno ST., MT., Bapak Indra Sidharta ST., MSc., dan Ibu Dr. Ir. H.C. Kis Agustin, DEA., selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak saran dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. Bambang Pramujati, M.Eng.Sc., Ph.D., selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Bapak Achmad Syaifudin, ST., M.Eng., PhD., selaku dosen wali.
7. Seluruh Dosen beserta staff karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang telah memberikan bekal ilmu

pengetahuan serta sarana dan prasarana kepada penulis selama menjalani perkuliahan.

8. Seluruh rekan-rekan Laboratorium Metalurgi yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
9. Seluruh rekan-rekan Teknik Mesin ITS 2011 M54 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang turut membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.

Semoga amal dan jasa yang telah diberikan dapat bermanfaat dan mendapat imbalan dari Allah SWT.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk penyempurnaan laporan tugas akhir ini. Dan penulis meminta maaf apabila terdapat kalimat yang kurang berkenan pada laporan tugas akhir ini.

Penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan seluruh pembaca untuk kemajuan yang lebih baik. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Abstract	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II.....	3
TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Baja	3
2.1.1 Baja Karbon.....	3
2.1.2 Baja Paduan	4
2.2 CCT Diagram	4
2.3 Perlakuan Panas	5
2.4 Temperatur Austenisasi	7
2.5 Penelitian Terdahulu	9
BAB III	13
METODOLOGI	13
3.1 Metode Penelitian	13
3.2 Material	14
3.3 Persiapan Spesimen	14
3.4 Peralatan	15
3.5 Proses Perlakuan Panas.....	15
3.6 Pengujian	17
3.6.1 Pengujian Komposisi Kimia	17
3.6.2 Pengamatan Strukturmikro	17
3.6.3 Pengujian Hardness	19

3.6.4	Pengujian Impak	21
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN DATA		23
4.1	Pengamatan Struktrumikro	23
4.1.1	Hasil Pengamatan Struktrumikro	23
4.1.2	Analisa dan Pembahasan Hasil Pengamatan Strukturmikro	27
4.2	Pengujian Kekerasan	29
4.2.1	Data Hasil Pengujian Kekerasan.....	29
4.2.2	Analisa dan Pembahasan Pengujian Kekerasan	30
4.3	Pengujian Impak	33
4.3.1	Data Hasil Pengujian Impak	33
4.3.2	Analisa dan Pembahasan Pengujian Impak.....	34
BAB V		37
KESIMPULAN DAN SARAN		37
5.1	Kesimpulan.....	37
5.2	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA		39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram CCT dari baja karbon dengan laju pendinginan cepat dan lambat 5
Gambar 2.2	<i>Range</i> temperatur dari proses perlakuan panas <i>annealing</i> , <i>normalizing</i> , dan <i>hardening</i> 6
Gambar 2.3	Pengaruh penambahan unsur paduan terhadap temperatur eutektoid 8
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian tugas akhir 14
Gambar 3.2	Skema proses perlakuan panas 16
Gambar 3.3	Dimensi dan permukaan uji spesimen komposisi kimia 17
Gambar 3.5	Dimensi spesimen untuk pengamatan strukturmikro (mm)..... 18
Gambar 3.6	Mesin <i>grinding polishing</i> dan mikroskop..... 18
Gambar 3.7	Dimensi uji dan titik indentasi pengujian kekerasan. 19
Gambar 3.8	Mesin uji kekerasan <i>Rockwell</i> 20
Gambar 3.9	Dimensi spesimen uji impak. 21
Gambar 3.10	Mesin uji impak. 21
Gambar 4.1	Perbandingan porositas pada spesimen (a) <i>as cast</i> dan (b) <i>as forged</i> 27
Gambar 4.2	Hasil <i>image processing</i> strukturmikro proses pendinginan di air untuk menentukan presentase area austenit sisa. Temperatur austenisasi (a) 800 °C, (b) 850 °C, dan (c) 900 °C 28
Gambar 4.3	Grafik hasil pengujian kekerasan pada spesimen 30
Gambar 4.4	Diagram CCT <i>British Steel 45 MS 6</i> (0.45 %C - 1.50%Mn - 1.34%Si - 0.03%Cr) 31
Gambar 4.5	Diagram CCT <i>German Steel</i> 0.48%C – 1.98%Mn 32
Gambar 4.6	Grafik <i>impact strength</i> hasil pengujian ketangguhan impak pada spesimen. 34

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penelitian terdahulu	9
Tabel 3.1	Komposisi kimia spesimen uji	14
Tabel 3.2	Rancangan percobaan	16
Tabel 3.3	Desain pengamatan strukturmikro	19
Tabel 3.4	Desain pengujian kekerasan	20
Tabel 3.5	Desain pengujian impak	22
Tabel 4.1	Hasil pengamatan struktrumikro pada perbesaran 500x	23
Tabel 4.2	Presentasi austenit sisa pada proses pendinginan di air	29
Tabel 4.3	Hasil pengujian kekerasan menggunakan metode Rockwell C	30
Tabel 4.4	Data hasil pengujian kekerasan	33

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin maju sekarang ini menyebabkan perlu adanya inovasi dalam hal rekayasa material. Rekayasa material ini diharapkan akan meningkatkan sifat mekaniknya. Pertimbangan rekayasa material tidak hanya berdasarkan dari properties material itu sendiri, proses pembuatan material yang ekonomis juga menjadi pertimbangan.

Salah satu proses rekayasa material adalah *Thermo Mechanical Control Process* (TMCP). Metode ini menggabungkan proses pengecoran, pengerollan, dan perlakuan panas terkendali dalam satu line process sehingga didapatkan material yang diinginkan. Selain itu, T. Sourmail menyatakan dalam penelitiannya pada tahun 2013 bahwa baja tahan aus dapat dibuat dengan proses *austempering* pada temperatur rendah dan penambahan unsur paduan utama karbon, mangan, silikon, dan kromium [1].

Karena material ini termasuk material baru maka diperlukan penelitian mendasar untuk mengetahui perilaku dari material ini terhadap proses perlakuan panas. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut seperti sifat mekanik dan strukturmikro yang terbentuk, diharapkan dapat menunjang penelitian selanjutnya dengan menggunakan material ini.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimanakah pengaruh variasi temperatur austenisasi dan proses pendinginan pada baja 05CCrMnSi terhadap struktur mikro, kekerasan, dan ketangguhan dampak.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur austenisasi dan proses pendinginan pada baja 05CCrMnSi terhadap struktur mikro, kekerasan, dan ketangguhan impak.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diperlukan dalam penelitian ini adalah kandungan komposisi kimia pada spesimen dianggap homogen, kondisi peralatan yang digunakan saat penelitian telah terkalibrasi, dan pengaruh lingkungan pada proses perlakuan panas dapat diabaikan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian diharapkan dapat mengetahui sifat mekanik dan strukturmikro dari material baja 05CCrMnSi baik sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan panas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

Baja adalah suatu logam paduan dengan unsur dasar besi (Fe) dan unsur paduan karbon (C) dimana kadar karbon dalam paduan tidak lebih dari 2% wt. Baja merupakan logam paduan yang paling sering digunakan di dunia industri karena memiliki beberapa keunggulan. Pertama, ketersediaan bahan baku yang melimpah di alam dan kemudahan teknologi untuk mengolah bijih besi menjadi baja relatif murah. Kedua, rentang kekuatan yang lebar dimana kekuatan dapat diubah melalui proses perlakuan panas sehingga dapat digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan rendah sampai kekuatan tinggi.

Baja diklasifikasikan menjadi dua bagian utama berdasarkan komposisi kimianya. Baja dengan paduan utama berupa karbon saja diklasifikasikan sebagai baja karbon (*plain carbon steel*). Baja dengan unsur paduan lebih dari satu jenis diklasifikasikan sebagai baja paduan (*alloy steel*) [2].

2.1.1 Baja Karbon

Baja Karbon adalah baja dengan paduan utama karbon, dan sedikit unsur paduan yang lain. Baja karbon sering digunakan pada berbagai jenis konstruksi karena memiliki beberapa keunggulan. Baja karbon diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) berdasarkan jumlah karbon penyusunnya, yaitu baja karbon rendah, baja karbon menengah dan baja karbon tinggi [2].

Keunggulan dari baja karbon adalah rentang kekuatan yang cukup besar dan dapat diubah dengan melakukan proses perlakuan panas. Selain itu, baja memiliki keuletan yang cukup baik sehingga dapat dikerjakan dengan baik, melalui proses pembentukan (*forming*), maupun proses permesinan (*machining*).

Kekurangan dari baja karbon adalah terjadinya penurunan kekuatan seiring naiknya temperatur, mempunyai ketahanan *impact* yang buruk pada temperatur rendah, ketahanan korosi baja

karbon juga buruk serta mudah mengalami oksidasi pada temperatur tinggi.

2.1.2 Baja Paduan

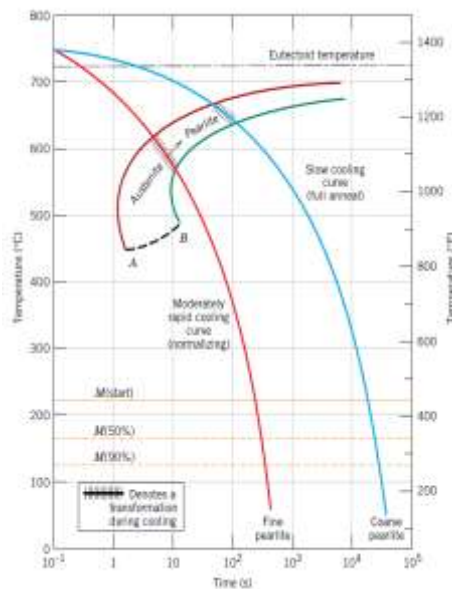
Baja paduan adalah baja dengan dengan unsur paduan lebih dari satu jenis dan karakteristik baja tersebut dipengaruhi oleh unsur paduannya [2]. Penambahan unsur paduan pada baja memiliki tujuan antara lain menaikkan kekuatan, menaikkan ketangguhan, menaikkan ketahanan korosi, dan menaikkan ketahanan aus.

Baja paduan diklasifikasikan menjadi dua berdasarkan jumlah kadar penyusun paduan. Paduan dengan kadar unsur penyusun paduan kurang dari 8% disebut dengan baja paduan rendah (*low alloy steel*), sedangkan kadar unsur paduan lebih dari 8% disebut baja paduan tinggi (*high alloy steel*) [2].

2.2 CCT Diagram

Continous Cooling Temperatur (CCT) Diagram adalah diagram yang menunjukkan perubahan austenit menjadi struktur yang terbentuk ketika baja didinginkan dari temperatur austenisasi dengan pendinginan kontinu[3]. Dari gambar 2.1 tampak bahwa ketika baja karbon didinginkan menggunakan laju pendinginan lambat maka strukturmikro yang terbentuk adalah *coarse perlite*. Proses pendinginan yang lambat dilakukan dengan mendinginkan baja dalam dapur pemanas atau biasa disebut dengan proses *annealing*. Ketika laju pendinginan lebih cepat maka akan menghasilkan *fine perlite*. Untuk mendapatkan struktur ini dilakukan pendinginan di udara, proses ini disebut dengan *normalizing*.

Ketika pendinginan dilakukan pada media pendingin air, maka laju pendinginan yang terjadi sangatlah cepat. Proses ini dinamakan *quenching* atau *hardening*. Strukturmikro yang didapat dari proses ini adalah martensit.



Gambar 2.1 Diagram CCT dari baja karbon dengan laju pendinginan cepat dan lambat [4]

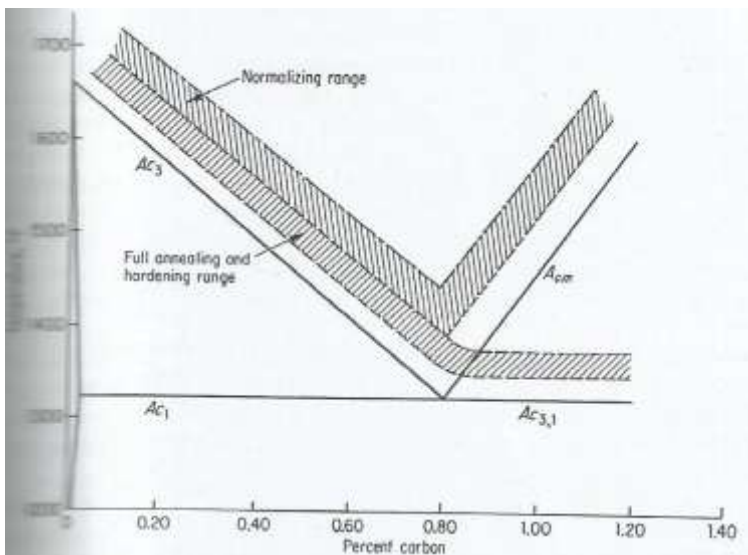
Martensit yang terkandung tidak selalu 100%. Untuk mendapatkan fraksi volume martensit 100% maka kurva pendinginan harus menyentuh *nose* dari diagram tersebut, hal ini disebut dengan laju pendinginan kritis atau *critical cooling rate* (CCR). Dari gambar 2.1 diperlukan waktu 1 detik untuk mencapai temperatur 500 °C dari temperatur 800 °C supaya mendapatkan martensit 100%.

2.3 Perlakuan Panas

Perlakuan panas atau *heat treatment* dapat didefinisikan sebagai kombinasi operasi pemanasan dan pendinginan terhadap suatu logam atau paduan dalam keadaan padat yang dimaksudkan untuk memperoleh sifat tertentu. Proses laku panas yang terjadi pada dasarnya adalah baja dipanaskan sampai temperatur austenit

stabil, lalu ditahan sampai waktu tertentu, dan didinginkan dengan laju tertentu [5].

Selain dipengaruhi oleh komposisi kimia dari logam atau paduan itu sendiri, struktur mikro yang terjadi pada akhir proses laku panas juga ditentukan oleh kondisi awal benda kerja. Material dengan komposisi kimia yang sama, mengalami proses laku panas yang sama, akan menghasilkan strukturmikro dan sifat yang berbeda bila struktur atau kondisi awalnya berbeda. Struktur awal ini banyak ditentukan oleh pengujian atau laku panas yang dialami sebelumnya. Dapat disimpulkan bahwa suatu proses laku panas tidak dapat dipandang sebagai suatu proses tersendiri, namun merupakan salah satu rangkaian produksi [3].



Gambar 2.2 Range temperatur dari proses perlakuan panas *annealing, normalizing, dan hardening* [4]

Dibawah ini merupakan beberapa tipe dari perlakuan panas:

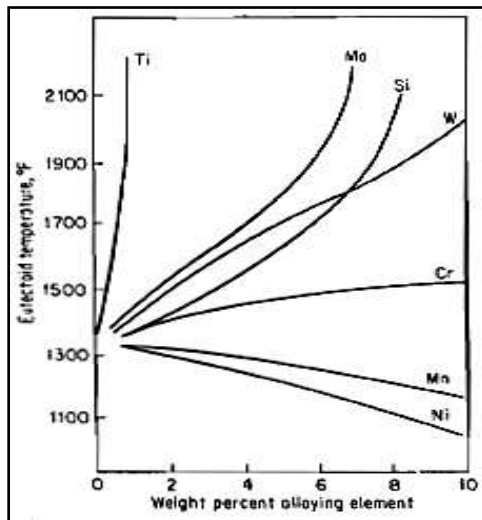
- *Annealing* adalah proses dimana baja dipanaskan sampai temperatur di atas temperatur austenisasi. Setelah tercapai temperatur austenisasi dilakukan penahanan kemudian didinginkan secara lambat dengan cara didinginkan bersamaan dengan *furnace*. Tujuan dari annealing sendiri untuk membuat material lebih lunak sehingga menaikkan *machinability*-nya.
- *Normalizing* adalah proses dimana baja dipanaskan sampai di atas temperatur A_3 atau A_{cm} kemudian dilakukan penahan dalam waktu tertentu lalu didinginkan di udara pada temperatur kamar. Tujuan dari *normalizing* adalah membuat baja lebih kuat dan lebih keras dari pada baja yang diberi perlakuan panas *annealing*. Selain meningkatkan *machinability*, *normalizing* juga menghomogenkan mikrostruktur.
- *Quenching* atau *hardening* adalah proses pendinginan secara cepat material yang telah dipanaskan sampai temperatur tertentu. Pendinginan secara cepat ini dapat dibantu menggunakan air, oli, maupun *quenchant* lainnya. Proses ini menghasilkan mikrostruktur martensit karena tidak ada waktu yang cukup dari karbon untuk berdifusi keluar dari larutan austenit. Sehingga material yang dihasilkan dari proses *quenching* ini akan memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *annealing* maupun *normalizing*.

2.4 Temperatur Austenisasi

Temperatur austenisasi yang direkomendasikan untuk baja *hypoeutectoid* adalah temperatur sedikit di atas temperatur garis A_3 . Ketika austenisasi dilakukan di bawah garis A_3 maka akan terdapat *pro-eutectoid ferrite*. *Pro-eutectoid ferrite* ini nantinya tetap ada setelah dilakukan *quenching* yang berakibat turunnya kekerasan. Untuk baja *hypereutectoid* direkomendasikan untuk melakukan austenisasi pada suhu diatas A_{cm} [3].

Penambahan unsur paduan dapat mempengaruhi naik turunnya temperatur austenisasi. Penambahan unsur penstabil

austenit (C, Ni, Mn) akan menurunkan temperatur A_1 , sedangkan penambahan unsur penstabil ferit (Cr, Si, Mo, W, Al) akan menaikkan temperatur eutektoid. Misalnya, baja dengan unsur paduan 3% Ni ketika dipanaskan akan mulai menjadi austenit pada temperatur kurang dari 700°C. Sedangkan baja dengan unsur paduan 12% Cr memerlukan temperatur austenisasi yang lebih tinggi daripada baja tanpa ada unsur paduan Cr. Gambar 2.3 memperlihatkan pengaruh unsur paduan terhadap titik eutektoid, tampak bahwa hanya Ni dan Mn yang menurunkan temperatur eutektoid. Jadi dapat dikatakan bahwa semua unsur paduan akan menggeser titik eutektoid ke kiri atas, kecuali Mn dan Ni yang menggeser titik eutektoid ke kiri bawah[5].



Gambar 2.3 Pengaruh Penambahan Unsur Paduan Terhadap Temperatur Eutektoid [5]

Temperatur austenisasi dapat ditentukan dengan menghitung unsur paduan yang terdapat pada baja [6],

$$A_3 = 937.3 - 224.5\sqrt{C} - 17Mn + 34Si - 14Ni + 21.6Mo + 41.8V - 20Cu \quad \dots(2.1)$$

2.5 Penelitian Terdahulu

Uraian mengenai penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

	Penelitian 1	Penelitian 2	Penelitian 3
Judul	<i>Effect of Austenitizing Temperature on The Mechanical Properties of High-Strength Maraging Steel</i> [7]	Pengaruh Temperatur Austenisasi Waktu Tahan dan Media Pendingin Terhadap Kekerasan Baut Baja AISI 1042 dalam Proses Hardening [8]	<i>Effects of The Austenitizing on The Mechanical Properties of Colled-Rolled Medium-Mn Steel System</i> [9]
Penulis	H. Hao	Niken Rahmawati	Z. Z. Hao
Tahun	2013	2011	2017
Tujuan	Mempelajari pengaruh temperatur austenisasi terhadap sifat mekanik dan mikrostruktur pada <i>high-strength maraging steel</i>	Mempelajari pengaruh temperatur austenisasi dan media pendingin terhadap kekerasan baja AISI 1042	Mempelajari pengaruh temperatur austenisasi terhadap sifat mekanik dari baja mangan medium

Material	<i>High-strength maraging steel</i>	Baja AISI 1042	<i>Medium Manganese Steel (0.28C- 4Mn)</i>
Variabel	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatur austenisasi, 750°C, 800°C, 850°C, 900°C, 950°C, dan 1000°C Waktu penahanan 1 jam • Media pendinginan air 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatur austenisasi 830°C dan 890°C Waktu penahanan 1 jam dan 30 menit • Media pendinginan oli dan air+inhibitor 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Quenching and Partitioning</i> dengan temperatur austenisasi, 760°C, 850°C, 900°C ditahan selama 5 menit kemudian didinginkan sampai 160°C ditahan selama 6 detik dipanaskan lagi sampai 450°C ditahan selama 60 detik kemudian didinginkan secara cepat sampai temperatur 50°C

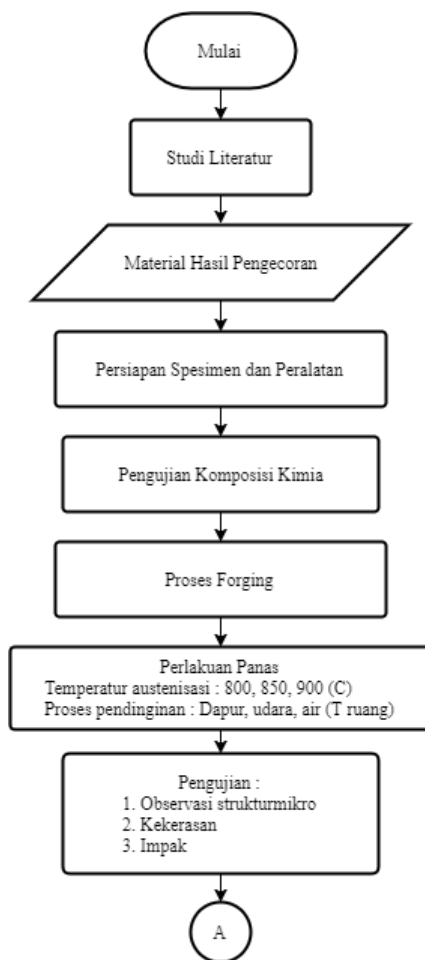
Hasil	<ul style="list-style-type: none"> • Semakin tinggi temperatur austenisasi <i>tensile strength</i> dan <i>yield strenght</i> akan menurun • Temperatur austenisasi mempunyai pengaruh yang tidak signifikan terhadap ketangguhan impak pada suhu ruangan akan tetapi pada suhu rendah (-196°C) ketangguhan impak mengalami penurunan dengan naiknya temperatur austenisasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Naiknya temperatur austenisasi membuat kekerasan juga naik • Media pendingin air+inhibitor menghasilkan kekerasan lebih tinggi dibandingkan media pendingin oli 	<ul style="list-style-type: none"> • Semakin tinggi temperatur austenisasi <i>tensile strength</i> menurun • Semakin tinggi temperatur austenisasi menyebabkan austenit sisa yang terbentuk semakin sedikit
--------------	--	--	---

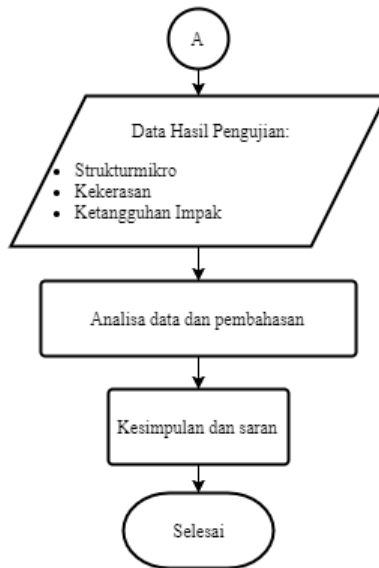
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Metode Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian ini secara singkat digambarkan melalui diagram alir pada gambar 3.1 berikut:





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja 05CCrMnSi. Komposisi kimia dari spesimen uji baja 05CCrMnSi sesuai dengan tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi kimia spesimen uji

Material	Berat Paduan (%)					
	C	Si	Mn	Cr	P	S
05CCrMnSi	0.5	1.94	1.8	1.1	0.013	0.00495
	Ni	Mo	V	Ti	Sn	Cu
	0.06	0.013	0.007	0.003	0.004	0.04

3.3 Persiapan Spesimen

Spesimen uji yang digunakan dalam penelitian ini dipersiapkan terlebih dahulu dengan dibentuk menggunakan mesin EDM. Spesimen uji dibentuk dengan dimensi seperti berikut,

- 20 mm x 10 mm x 10 mm untuk pengujian komposisi kimia
- 20 mm x 10 mm x 10 mm dengan jumlah 11 spesimen untuk pengamatan strukturmikro
- 20 mm x 10 mm x 10 mm dengan jumlah 11 spesimen untuk pengujian kekerasan
- 55 mm x 10 mm x 10 mm dengan jumlah 22 spesimen untuk pengujian impak

3.4 Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk melakukan penelitian ini, antara lain:

1. Penggaris dan jangka sorong
2. Kamera digital
3. Alat pemotong : gergaji mesin, *cutting wheel*, dan EDM
4. Dapur pemanas (*Furnace*)
5. Peralatan pendukung : apron, sarung tangan, pelindung wajah
6. Perangkat *grinding*, *polishing*, dan *etching*
7. Mikroskop Optis
8. Mesin uji komposisi kimia *spectrometer*
9. Mesin uji kekerasan *Rockwell*

3.5 Proses Perlakuan Panas

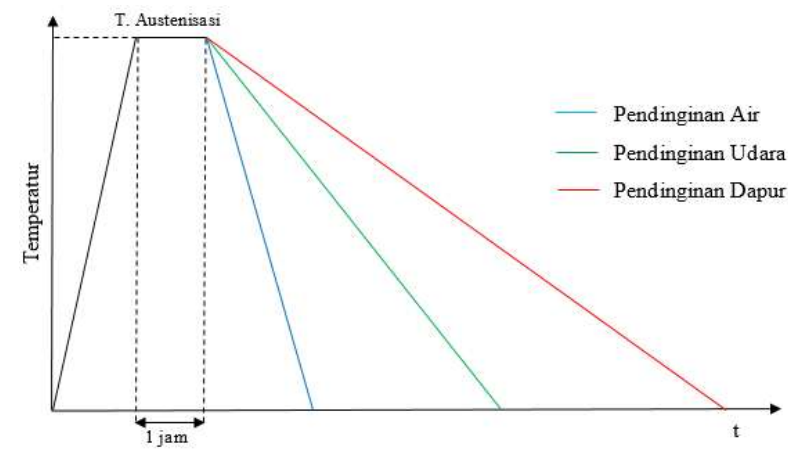
Pada penelitian ini spesimen akan dipanaskan sampai temperatur austenisasi yang kemudian ditahan selama 1 jam. Setelah penahanan, proses pendinginan spesimen dilakukan di dapur, udara, dan air (temperatur ruang).

Temperatur austenisasi ditentukan dengan menghitung A_3 menggunakan persamaan 2.1 sesuai dengan komposisi kimia pada tabel 3.1. Diperoleh bahwa temperatur A_3 sebesar 743.52 °C. Temperatur austenisasi dilakukan pada temperatur di atas temperatur A_3 . Ditentukan bahwa austenisasi dilakukan pada temperatur 800 °C, 850 °C, dan 900 °C.

Proses perlakuan panas (gambar 3.2) dan rancangan percobaan (Tabel 3.2) yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Rancangan percobaan

Baja	Temperatur Austenisasi (°C)	Proses Pendingingan
05CCrMnSi As Forged	800	Air
	850	
	900	
	800	Udara
	850	
	900	
	800	Dapur
	850	
	900	

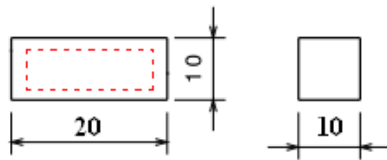


Gambar 3.2 Skema proses perlakuan panas

3.6 Pengujian

3.6.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui kandungan komposisi kimia yang terdapat pada spesimen uji. Spesimen uji dibentuk sesuai dengan gambar 3.2. Pengujian komposisi kimia berdasarkan standar ASTM E 32 dilakukan menggunakan alat spectrometer milik Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS).



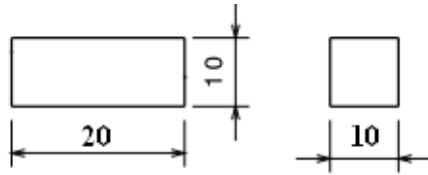
Gambar 3.3 Dimensi dan permukaan uji spesimen komposisi kimia (mm)



Gambar 3.4 Mesin *spectrometer*

3.6.2 Pengamatan Strukturmikro

Pengujian kekerasan dilakukan terhadap spesimen 05CCrMnSi baik sebelum dan sesudah perlakuan panas. Spesimen uji untuk pengamatan strukturmikro sesuai dengan gambar 3.6. Pengamatan strukturmikro menggunakan mikroskop milik Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya dengan desain observasi sesuai dengan tabel 3.3.



Gambar 3.5 Dimensi spesimen untuk pengamatan strukturmikro (mm)



Gambar 3.6 Mesin *grinding polishing* dan mikroskop

Tahapan proses pengamatan strukturmikro dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

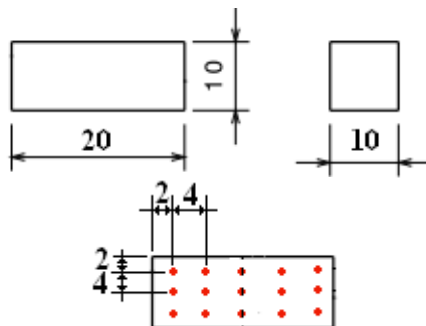
1. Spesimen dipotong menggunakan gergaji mesin dan mesin EDM
2. Grinding: permukaan specimen dihaluskan menggunakan kertas gosok grit 80; 220; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000
3. Polishing: permukaan specimen dihaluskan menggunakan kain beludru dan alumina
4. Etching: specimen dietsa menggunakan nital (2% HNO_3 + 98 % Alkohol)
5. Spesimen diamati menggunakan mikroskop pada perbesaran 100x, 500x, dan 1000x

Tabel 3.3 Desain pengamatan strukturmikro

No.	Temperatur Austenisasi (°C)	Proses Pendinginan	Gambar Strukturmikro		
			100x	500x	1000x
1	As Cast				
2	As Forged				
3	800	Air			
4		Udara			
5		Dapur			
6	850	Air			
7		Udara			
8		Dapur			
9	900	Air			
10		Udara			
11		Dapur			

3.6.3 Pengujian Hardness

Pengujian kekerasan dilakukan terhadap spesimen 05CCrMnSi baik sebelum dan sesudah perlakuan panas. Spesimen uji untuk pengujian kekerasan sesuai dengan gambar 3.7 dan desain eksperimen sesuai dengan tabel 3.4. Pengujian dengan standar JIS Z 2245 menggunakan rockwell pada mesin uji Hamburg (gambar 3.7) dengan beban 150 Kpa di jurusan teknik mesin ITS.



Gambar 3.7 Dimensi spesimen uji dan titik indentasi pengujian kekerasan (mm)



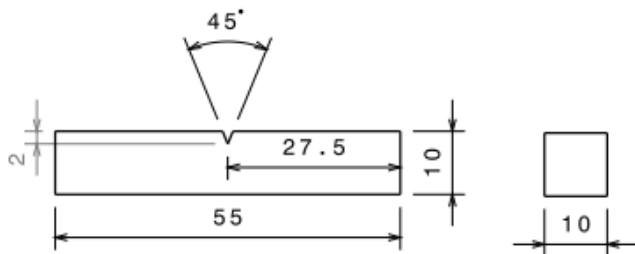
Gambar 3.8 Mesin uji kekerasan *Rockwell*

Tabel 3.4 Desain pengujian kekerasan

No.	Temperatur Austenisasi (°C)	Proses Pendinginan	Nilai Kekerasan (HRC)				
			1	2	...	9	Rerata
1	As Cast						
2	As Forged						
3	800	Air					
4		Udara					
5		Dapur					
6	850	Air					
7		Udara					
8		Dapur					
9	900	Air					
10		Udara					
11		Dapur					

3.6.4 Pengujian Impak

Pengujian kekerasan dilakukan terhadap spesimen 05CCrMnSi baik sebelum dan sesudah perlakuan panas. Spesimen uji dibentuk sesuai gambar 3.10 dengan desain eksperimen sesuai tabel 3.4. Pengujian dengan standar JIS Z 2242 menggunakan metode Charpy pada mesin uji Frank (gambar 3.9) dengan beban 30 Kg di Jurusan Teknik Mesin ITS.



Gambar 3.9 Dimensi spesimen uji impak



Gambar 3.10 Mesin uji impak

Tabel 3.5 Desain pengujian impak

No.	Temperatur Austenisasi (°C)	Proses Pendinginan	Energi (Kpm)		
			1	2	Rerata
1	As Cast				
2	As Forged				
3	800	Air			
4		Udara			
5		Dapur			
6	850	Air			
7		Udara			
8		Dapur			
9	900	Air			
10		Udara			
11		Dapur			

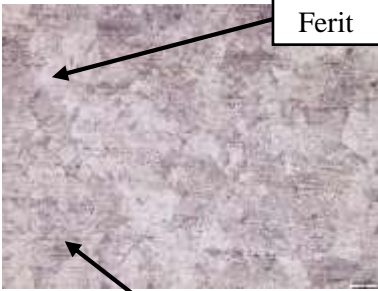
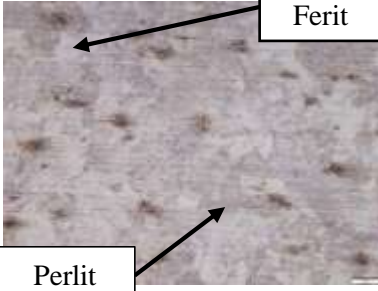
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN DATA

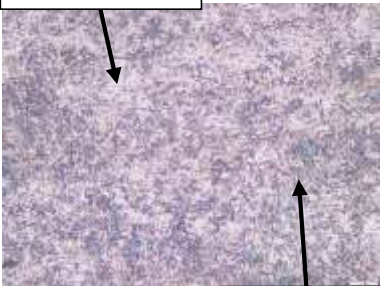
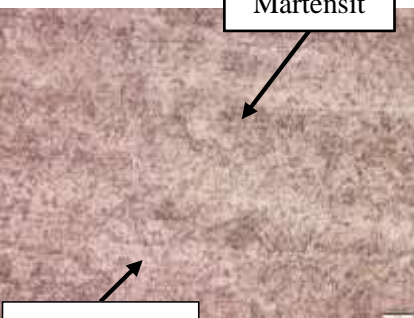
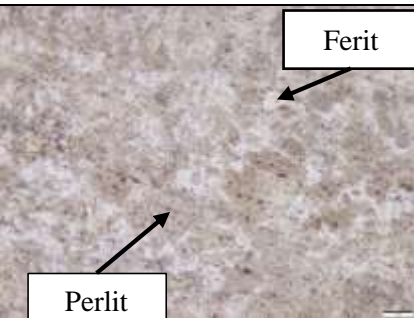
4.1 Pengamatan Struktrumikro

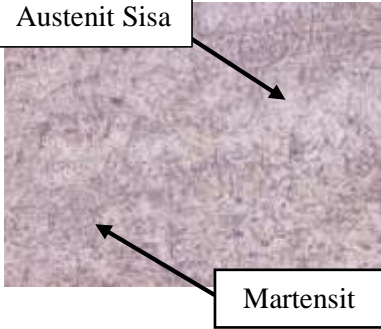
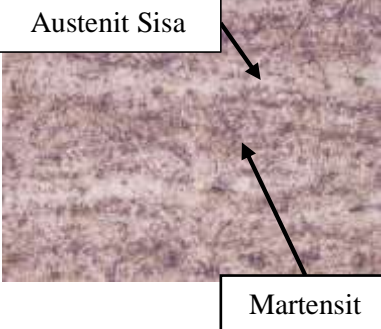
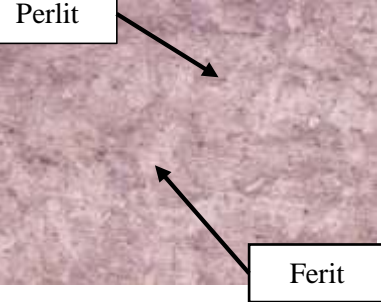
4.1.1 Hasil Pengamatan Struktrumikro


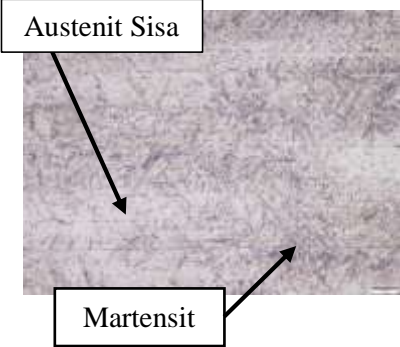
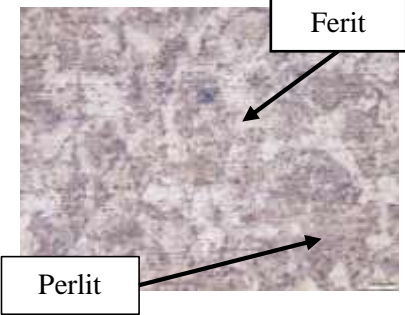
Setelah dilakukan perlakuan panas dilakukan pengamatan struktrumikro pada spesimen yang disajikan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengamatan struktrumikro pada perbesaran 500x

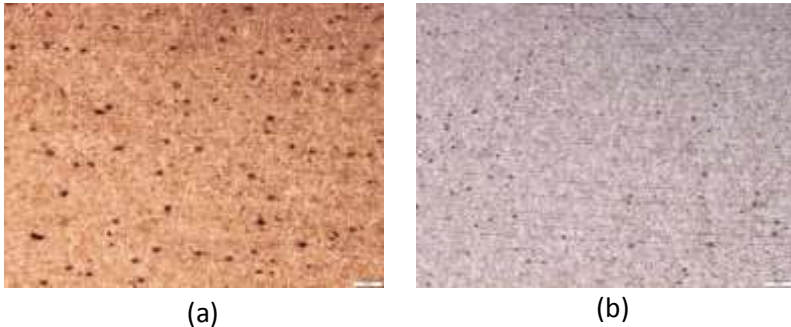
Spesimen	Struktrumikro perbesaran 500x	Keterangan
<i>As Cast</i>		Ferit (terang), Perlit (gelap)
<i>As Forged</i>		Ferit (terang), Perlit (gelap)

Spesimen	Struktur mikro		Keterangan
Temperatur Austenisasi 800 °C	Pendinginan di air		Martensit (gelap), austenit sisa (terang)
	Pendinginan di udara		Martensit (gelap), austenit sisa (terang)
	Pendinginan di dapur		Ferit (terang), Perlit (gelap)

Spesimen	Struktur mikro	Keterangan
Temperatur Austenisasi 850 °C	Pendinginan di air 	Martensit (gelap), austenit sisa (terang)
	Pendinginan di udara 	Martensit (gelap), austenit sisa (terang)
	Pendinginan di dapur 	Ferit (terang), Perlit (gelap)

Spesimen	Struktur mikro		Keterangan
Temperatur Austenisasi 900 °C	Pendinginan di air		Martensit (gelap), austenit sisa (terang)
	Pendinginan di udara		Martensit (gelap), austenit sisa (terang)
	Pendinginan di dapur		Ferit (terang), Perlit (gelap)

4.1.2 Analisa dan Pembahasan Hasil Pengamatan Strukturmikro



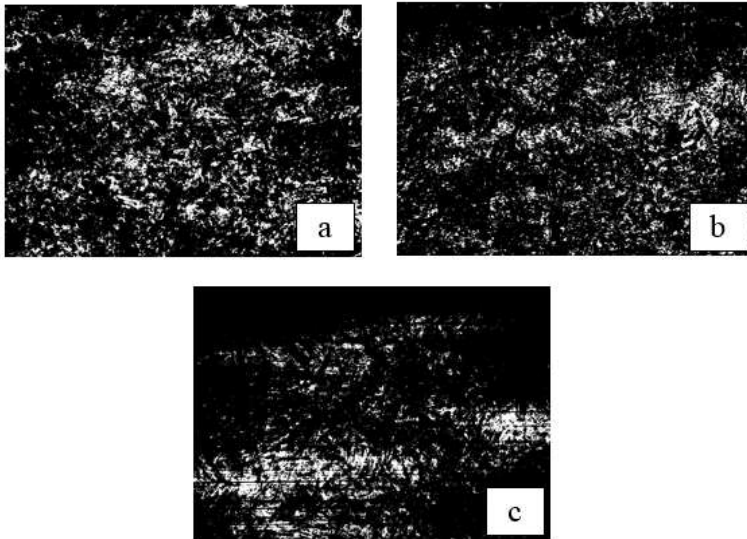
Gambar 4.1 Perbandingan porositas pada spesimen (a) *as cast* dan (b) *as forged*

Sebelum diberi perlakuan panas spesimen melewati proses *forging* terlebih dahulu. Proses *forging* ini bertujuan untuk mengurangi cacat porositas yang ada pada material hasil pengecoran. Hasil pengamatan strukturmikro *as cast* dan *as forged* pada perbesaran 50x disajikan pada gambar 4.1 untuk mengamati porositas pada spesimen. Porositas pada spesimen *as cast* dan *as forged* masih terlihat, akan tetapi porositas pada spesimen *as forged* mempunyai intensitas porositas lebih rendah dan ukuran porositas lebih kecil daripada spesimen *as cast*.

Spesimen dengan proses pendinginan di dapur menunjukkan strukturmikro pearlit dan ferit. Pearlit ditunjukkan dengan daerah yang berwarna kelabu dan ferit ditunjukkan dengan daerah yang berwarna terang. Laju pendinginan yang lambat mengakibatkan karbon dapat berdifusi keluar pada saat proses pendinginan dari temperatur austenit stabil, sehingga terbentuklah strukturmikro pearlit dan ferit.

Pada proses pendinginan di udara, strukturmikro sudah terbentuk martensit. Dimana baja pada umumnya pada saat proses pendinginan di udara akan terjadi strukturmikro perlit dan ferit.

Proses pendinginan di air juga didapatkan strukturmikro martensit. Martensit terbentuk dikarenakan pada saat proses pendinginan dari temperatur austenit stabil, karbon tidak mempunyai waktu yang cukup untuk berdifusi keluar dari austenit. Martensit yang terlihat pada proses pendinginan air dan udara adalah *lath martensite*. Karena baja dengan kadar karbon kurang dari 6% akan mempunyai martensit dengan bentuk *lath* sedangkan baja dengan kadar karbon lebih dari 6% akan mempunyai martensit dengan bentuk *plate*[5].



Gambar 4.2 Hasil *image processing* strukturmikro proses pendinginan di air untuk menentukan presentase area austenit sisa. Temperatur austenisasi (a) 800 °C. (b) 850 °C. dan (c) 900 °C

Pada hasil pengamatan strukturmikro proses pendinginan di air dan udara, terdapat austenit sisa yang ditunjukkan dengan daerah yang berwarna terang. Sebagian besar austenit pada baja eutektoid akan berubah menjadi martensit pada saat didinginkan ke temperatur kamar. Bagian yang tidak bertransformasi menjadi martensit ini yang disebut austenit sisa. Untuk mendapatkan

struktur 100% martensit maka diperlukan proses pendinginan lagi sampai dibawah temperatur kamar, proses ini disebut *subzero treatment*[5].

Tabel 4.2 Presentasi austenit sisa pada proses pendinginan di air

Temperatur Austenisasi (°C)	% Area austenit sisa
800	15
850	12
900	9

Presentase austenit sisa dapat dicari dengan cara mengolah gambar strukturmikro menggunakan *image processing software* ImageJ yang ditunjukkan oleh gambar 4.2. Dari gambar strukturmikro spesimen dengan proses pendinginan di air, austenit sisa ditunjukkan dengan daerah yang berwarna putih. Luasan daerah berwarna putih ini kemudian dihitung oleh program dan didapatkan hasil yang disajikan pada tabel 4.2. Dari tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa bertambahnya temperatur austenisasi menyebabkan berkurangnya austenit sisa yang ada pada spesimen. Hal ini dikarenakan bahwa pada temperatur austenit 800 °C, austenit memiliki cacat yang disebabkan oleh proses forging. Cacat ini mengakibatkan resistansi pembentukan martensit oleh austenit pada saat proses pendinginan. Akan tetapi dengan menaikkan temperatur austenisasi, cacat di austenit akan berkurang sehingga kemampuan transformasi austenit menjadi martensit menjadi lebih baik. Naiknya kemampuan transformasi tersebut membuat bekurangnya austenit sisa [7].

4.2 Pengujian Kekerasan

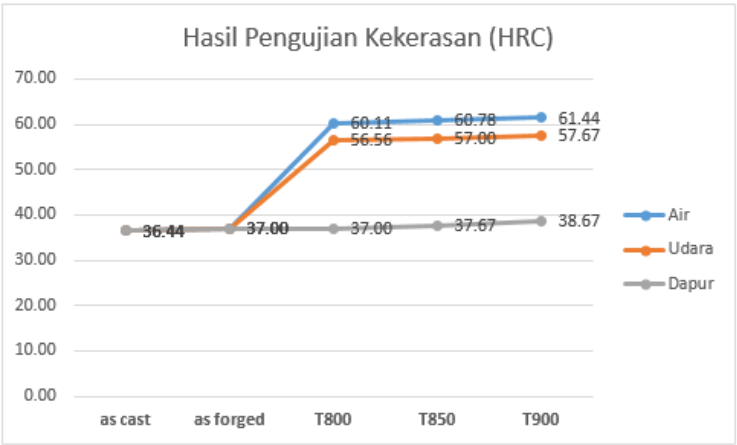
4.2.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan telah dilakukan terhadap spesimen uji sesuai dengan metode pengujian yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya. Hasil pengujian kekerasan pada spesimen uji disajikan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengujian kekerasan menggunakan metode Rockwell C

No.	Temperatur Austenisasi (°C)	Proses Pendinginan	Nilai Kekerasan (HRC)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	Rerata
1	As Cast		36	37	37	36	37	36	36	37	36	36.44
2	As Forged		37	37	38	38	35	37	36	38	37	37.00
3	800	Quenching	62	62	61	57	61	61	60	58	59	60.11
4		Normalizing	57	56	57	56	58	57	55	56	57	56.56
5		Annealing	38	37	37	36	37	37	37	37	37	37.00
6	850	Quenching	61	60	61	61	60	61	62	61	60	60.78
7		Normalizing	57	56	57	57	57	57	58	57	57	57
8		Annealing	39	37	38	38	37	37	38	37	38	37.67
9	900	Quenching	62	61	62	62	62	60	61	61	62	61.44
10		Normalizing	58	57	59	58	58	57	57	57	58	57.67
11		Annealing	38	38	40	39	38	39	39	38	39	38.67

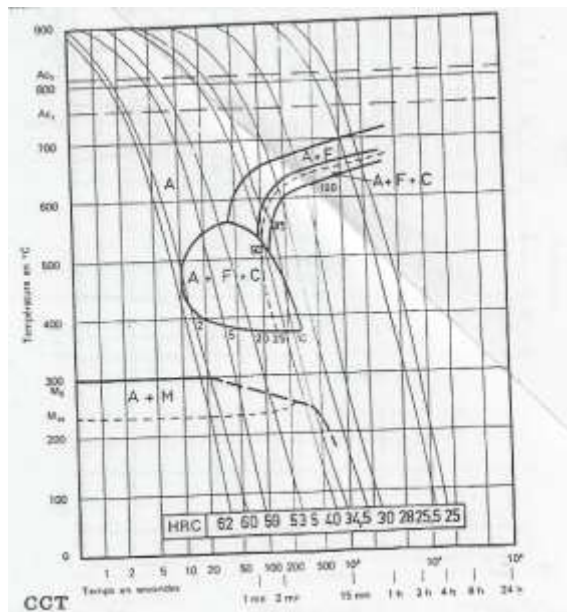
4.2.2 Analisa dan Pembahasan Pengujian Kekerasan



Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian kekerasan pada spesimen

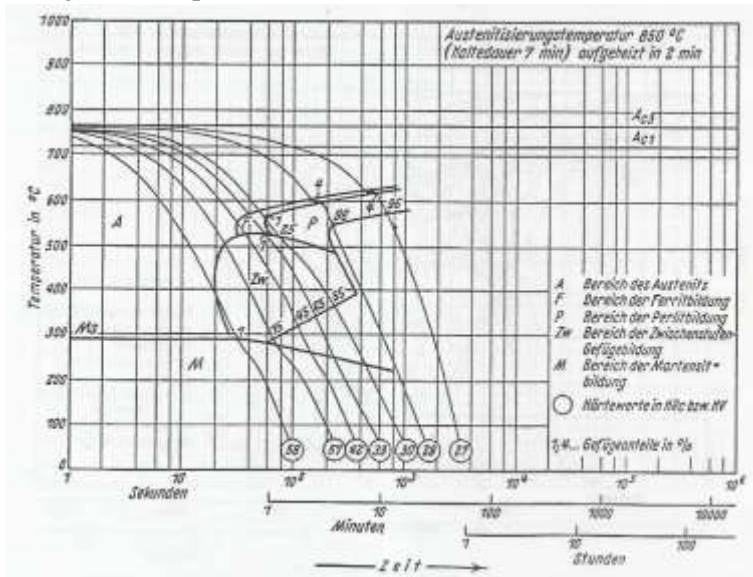
Berdasarkan data hasil pengujian kekerasan pada tabel 4.3 dibuatlah grafik hasil pengujian kekerasan untuk membandingkan hasil antara pengaruh temperatur austenisasi dan proses pendinginannya. Grafik hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada gambar 4.1. Dari gambar 4.1 bisa diambil informasi tentang pengaruh temperatur austenisasi dan proses pendinginan terhadap kekerasan spesimen uji. Grafik tersebut terdapat tiga garis yang masing-masing menunjukkan proses pendinginan air, udara, dan dapur.

Didapatkan nilai kekerasan tertinggi diperoleh proses pendinginan di air, diikuti oleh nilai kekerasan pada proses pendinginan udara, dan nilai kekerasan terkecil didapatkan pada proses pendinginan di dapur. Proses pendinginan mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap kekerasan spesimen. Hal ini dikarenakan laju pendinginan akan mempengaruhi strukturmikro



Gambar 4.4 Diagram CCT *British Steel 45 MS 6* (0.45 %C - 1.50%Mn - 1.34%Si - 0.03%Cr) [10]

yang terbentuk pada spesimen uji. Laju pendingin pada proses pendinginan di air sangatlah cepat sehingga terbentuk fasa martensit yang mempunyai kekerasan sangat tinggi. Pada sisi lain, proses pendinginan di dapur mengakibatkan terbentuknya fasa pearlit dan ferit yang lebih lunak dibandingkan martensit. Maka dari itu nilai kekerasan paling rendah dimiliki oleh proses pendinginan di dapur.



Gambar 4.5 Diagram CCT *German Steel 0.48% C – 1.98% Mn* [10]

Jika meninjau hasil pengamatan strukturmikro, proses pendinginan di udara mempunyai strukturmikro yang sama dengan proses pendinginan di air. Akan tetapi nilai kekerasan yang didapat pada proses pendinginan udara sedikit dibawah nilai kekerasan proses pendinginan di air. Berdasarkan diagram CCT pada gambar 4.4 dan 4.5, diperkirakan kurva pendinginan dari spesimen dengan proses pendinginan udara telah melewati CCR-nya. Strukturmikro yang terbentuk pada proses pendinginan di udara tidak sepenuhnya

martensit akan tetapi terbentuk strukturmikro lain seperti ferit, cementit, atau bainit dengan fraksi volume yang kecil. Hal ini membuat kekerasan spesimen pada proses pendinginan udara mempunyai nilai kekerasan sedikit dibawah proses pendinginan di air.

Selain proses pendinginan, temperatur austenisasi juga mempengaruhi kekerasan pada spesimen uji. Akan tetapi temperatur austenisasi tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekerasan spesimen, seperti yang terlihat pada grafik.

4.3 Pengujian Impak

4.3.1 Data Hasil Pengujian Impak

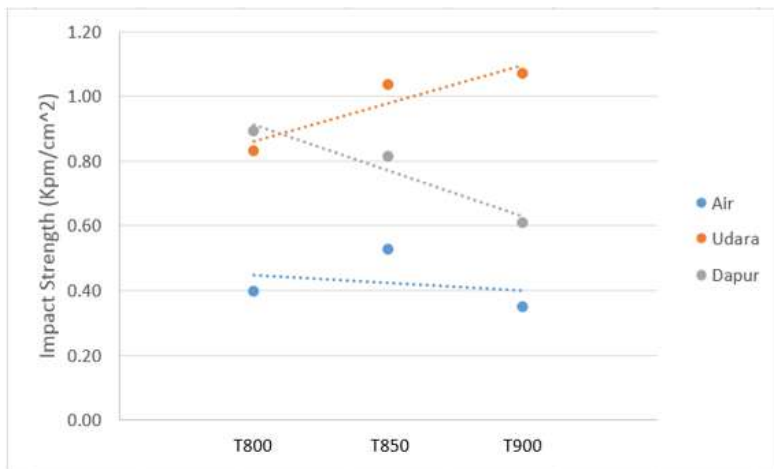
Pengujian kekerasan telah dilakukan terhadap spesimen uji sesuai dengan metode pengujian yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya. Hasil pengujian kekerasan pada spesimen uji disajikan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data hasil pengujian impak

Temperatur Austenisasi (°C)	Proses	Impact Strength (Kpm/cm ²)		
	Pendinginan	1	2	Rerata
As Cast		0.5	0.5	0.5
As Forged		0.48	0.6	0.54
800	Air	0.36	0.43	0.4
	Udara	0.79	0.87	0.83
	Dapur	0.90	0.89	0.89
850	Air	0.59	0.46	0.53
	Udara	1.15	0.92	1.04
	Dapur	0.81	0.81	0.81
900	Air	0.38	0.32	0.35
	Udara	1.26	0.88	1.07
	Dapur	0.60	0.61	0.61

4.3.2 Analisa dan Pembahasan Pengujian Impak

Grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.6 merupakan grafik yang menunjukkan pengaruh temperatur austenisasi dan proses pendinginan terhadap *impact strength*. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa spesimen dengan proses pendinginan di air mempunyai *impact strength* terendah. Nilai *impact strength* mengalami kenaikan pada proses pendinginan di dapur. Hal ini disebabkan strukturmikro pada spesimen dengan proses pendinginan dapur adalah perlit dan ferit sedangkan proses pendinginan air mempunyai strukturmikro martensit dan austenit sisa. Ferit dan perlit yang mempunyai sifat mekanik lebih ulet dibandingkan martensit.



Gambar 4.6 Grafik *impact strength* hasil pengujian ketangguhan impak pada spesimen

Pada proses pendinginan dapur, nilai *impact strength* mengalami penurunan pada saat temperatur austenisasi dinaikkan. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya ukuran butir seiring naiknya temperatur austenisasi yang mengakibatkan turunnya ketangguhan

impak dari spesimen. Pada proses pendinginan di air, pengaruh temperatur austenisasi terhadap *impact strength* cenderung tidak signifikan. Hal ini dikarenakan pengaruh temperatur austenisasi terhadap ketangguhan impak dapat dilihat jika pengujian impak dilakukan pada suhu yang sangat rendah[7].

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian setelah proses pengambilan dan analisa data adalah :

1. Hasil foto permukaan spesimen awal sebelum ditempat (*as cast*) dan spesimen setelah tempat (*as forged*) menunjukkan bahwa intensitas porositas dan ukuran porositas berkurang setelah dilakukan proses penempaan.
2. Strukturmikro martensit pada proses pendinginan di udara sudah terbentuk martensit. Strukturmikro yang didapatkan pada proses pendinginan dapur adalah perlit dan ferit. Sedangkan pendinginan di air didapatkan strukturmikro martensit dan austenit sisa.
3. Penambahan temperatur austenit mengurangi jumlah austenit sisa yang terbentuk setelah proses pendinginan di air. Didapatkan austenit sisa sebesar 15% pada temperatur austenisasi 800°C, 12% pada temperatur austenisasi 850°C, dan 9% pada temperatur austenisasi 900°C.
4. Kekerasan tertinggi didapatkan pada proses pendinginan di air, yaitu 60.11 (800°C), 60.78 (850°C), dan 61.44 HRC(900°C). Kekerasan pada proses pendinginan di udara didapatkan 56.56 (800°C), 57 (850°C), dan 57.67 HRC (900°C). Kekerasan terendah pada proses pendinginan di dapur, yaitu 37.00 (800°C), 37.67 (850°C), dan 38.67 HRC (900°C).
5. Diperoleh nilai *impact strength* pada spesimen dengan proses pendinginan di air, yaitu 0.35 (900°C), 0.53 (850°C), dan 0.4 kpm/cm² (800°C) . *Impact strength* pada spesimen dengan proses pendinginan di udara didapatkan 1.07 (900°C), 1.04 (850°C), dan 0.99 kpm/cm² (800°C). *Impact strength* pada spesimen dengan proses pendinginan di dapur didapatkan 0.7 (900°C), 0.81 (850°C), dan 0.61 kpm/cm² (800°C).

5.2 Saran

1. Pengujian tensile dapat dilakukan untuk penilitan ini supaya dapat mengetahui pengaruh temperatur austenisasi terhadap kekuatan dari spesimen penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sourmail, T., Research Fund for Coal and Steel. 2013. **Novel Nanostructured Bainitic Steel Grades to Answer The Need for High-Performance Steel Components (Nanobain) Final Report**. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- [2] Davis, J.R. 2007. **ASM Handbook Vol. 4 : Heat Treating, 10th ed.** Ohio: ASM International.
- [3] Avner, S.H. 1974. **Introduction to Physical Metallurgy, 2nd ed.** New York: McGraw-Hill.
- [4] Thelning, K.-E. 1984. **Steel and Its Heat Treatment, 2nd ed.** London: Butterworths.
- [5] Callister, William D., Rethwisch, David G. 2011. **Materials science and engineering, 9th ed.** New York: John Wiley & Sons.
- [6] Gorni, A.A. 2003. **Steel Forming and Heat Treating Handbook**. Brazil: Sao Vicente.
- [7] Hao, H. 2013. **Effect of Austenitizing Temperature on The Mechanical Properties of High-Strength Maraging Steel**. Taiyuan: North University of China
- [8] Rahmawati, Niken. 2011. **Pengaruh Temperatur Austenisasi Waktu Tahan dan Media Pendingin Terhadap Kekerasan Baut Baja AISI 1042 dalam Proses Hardening**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [9] Hao, Z. Z. 2017. **Effects of The Austenitizing on The Mechanical Properties of Colled-Rolled Medium-Mn Steel System**. Beijing: University of Science and Technology Beijing.
- [10] Voort, George F. Vander. 1991. **Atlas of Time-Temperature Diagrams of Irons and Steels**. Ohio: ASM International.

- [11] Lubis, H.I. 2009. **Pengaruh Temperatur Austenisasi dan Holding Time pada Proses Austempering Terhadap Strukturmikro dan Sifat Mekanik Besi Tuang Nodular Grade 500**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [12] Chang, L.C., Hsui, I.C., Chen, L.H., Lui, S.T. 2008. **Influence of Austenization Temperature on the Erosion Behavior of Austempered Ductile Irons**. Beijing: University of Science and Technology Beijing.
- [13] Lai, G., Wood, W., Clark, R., Zackay, V., Parker, E. 1974. **The Effect of Austenitizing Temperature on the Microstructure and Mechanical Properties of As-quenched 4340 Steel**. Berkeley: University of California.

BIODATA PENULIS



Kharisma Yuko Rasyidy dilahirkan di Surabaya 4 Maret 1993, merupakan anak kedua yang terlahir dari orangtua bernama Kokok Irwitugas Purwoko dan Yunita. Riwayat pendidikan penulis diawali di SDN 2 Barongan 2 Kudus pada kelas I-IV dan melanjutkan pendidikan di sekolah lain MI NU TBS Kudus pada kelas V-VI (2000-2006). Penulis melanjutkan pendidikannya di MTs NU TBS Kudus pada tahun 2005-2008, kemudian mendapatkan kesempatan untuk mencari ilmu di sekolah unggulan MAN Insan Cendekia Serpong pada tahun 2008-2011. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan jenjang S-1 Jurusan Teknik Mesin di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Selain aktif dalam kegiatan akademik penulis mendapatkan amanah untuk menjadi pengurus Ikatan Alumni Insan Cendekia Serpong Regional Jawa Timur selama 2 periode (2012-2014). Keinginannya untuk mengabdikan kepada masyarakat membuat penulis ikut dalam berbagai kegiatan sosial yang diadakan di luar kampus.

“Sebaik-baiknya manusia adalah manusia yang bermanfaat bagi orang lain” merupakan pedoman hidup yang selama ini penulis usahakan dalam menjalani kegiatan sehari-hari. Hal tersebut yang menjadikan penulis selalu introspeksi, mawas diri dan berusaha memberikan yang terbaik pada setiap hal. Untuk semua informasi dan masukan terkait tugas akhir ini dapat menghubungi penulis melalui email kharismayuko@gmail.com